

平成27年度 研究助成・成果報告書(概要)

目 次 / I N D E X

1. 二色法による空気屈折率補正の計測限界に関する研究
Air refractive index correction uncertainty of two-color method
長岡技術科学大学 機械創造工学専攻 助教 韋 冬
Department of Mechanical Engineering, Wei Dong
Nagaoka University of Technology Assistant professor
2. 油圧閉回路のフルクロード制御による高精度力制御の実現
Realization of High Precision Force Control of Hydraulic Closed Circuits
by Using Full Closed Control
埼玉大学 大学院 理工学研究科 助教 境野 翔
Graduate School of Science and Engineering, Sho Sakaino
Saitama University Assistant Professor
3. 工作物の機上計測を利用した5軸制御工作機械の幾何誤差自己校正による
高精度加工の実現
Machining Accuracy Enhancement by Self-Calibration of 5-axis Machine Tools
based on On-Machine Measurement of Workpieces
神戸大学 大学院 工学研究科 准教授 佐藤 隆太
Graduate School of Engineering, Ryuta Sato
Kobe University Associate Professor
4. ハンド搭載飛行ロボットによる高精度空中マニピュレーションの実現
An aerial robot equipped with robotic hand for high-precision aerial manipulation
立命館大学 理工学部 准教授 下ノ村 和弘
College of Science and Engineering, Kazuhiro Shimonomura
Ritsumeikan University Associate Professor
5. 液晶の光学異方性を利用した添加剤吸着膜の観察方法の開発
Development of observation method of adsorbed additive films using
optical anisotropy of liquid crystal
埼玉大学 大学院 理工学研究科 助教 田所 千治
Department of Mechanical Engineering, Chiharu Tadokoro
Saitama University Assistant Professor

6. モード操作光コムを用いたモード分解カラー・デジタル・ホログラフィー顕微鏡の開発
 Mode-resolved color digital holographic microscopy
 using mode-manipulating optical frequency comb
 徳島大学 大学院 社会産業理工学研究部 教授 安井 武史*
 Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Takeshi Yasui
 The Tokushima University Professor
7. 高速研磨を可能とする金属繊維ラップ工具の開発
 Development of metallic fiber lapping plates suitable for high-speed lapping
 立命館大学 総合科学技術研究機構 准教授 張 宇
 Research Organization of Science and Technology, Yu Zhang
 Ritsumeikan University Associate Professor
8. 変位拡大機構一体型電磁アクチュエータの制御設計に関する研究
 Study on Controller Design of Displacement-Amplified Electromagnetic Actuator
 東京工業大学 工学院 助教 難波江 裕之
 School of Engineering, Hiroyuki Nabae
 Tokyo Institute of Technology Assistant professor
9. サブ10nm 欠陥位置検出のための超解像光相関イメージング顕微鏡の開発
 Super resolution microscope by the Ghost imaging for sub-10nm order resolution
 大阪大学 大学院 工学研究科 准教授 水谷 康弘
 Department of Mechanical Engineering, Yasuhiro Mizutani
 Osaka university Associate Professor
10. 非線形自励発振型マイクロレゾネーターを用いた高粘性環境下で利用可能な
 超微小質量センサーの開発
 Development of nonlinear self-excited micro resonator
 and ultrasensitive mass sensing in high-viscosity environments
 筑波大学 システム情報系 教授 藪野 浩司
 Faculty of Engineering, Information and Systems Hiroshi Yabuno
 University of Tsukuba Professor

* 研究代表者は Dahi Ibrahim から安井武史に変更となった。

二色法による空気屈折率補正の計測限界に関する研究

章 冬

長岡技術科学大学・技学研究院・機械創造工学専攻

1. 概要

本研究は隣接したパルス列の繰返し間隔長(adjacent pulse repetition interval length: APRIL)を用いて、任意かつ絶対的な測長法を開発している。空気中で計測した長さから空気の屈折率による影響をなくすために、計測値を真空中の長さに変換する必要がある。この変換を実現するには、二つの方法が利用されている。一つは、経験式に従って空気の屈折率を計算する方法である。もう一つは、二色法による方法である。最近では、二色法による、経験式の精度を超える高精度な空気屈折率補正が報告されている。本研究は二色法による空気屈折率補正の精度を検討する。

二色法の補正限界を示した研究は見当たらなかった。その原因は、異なる色の屈折率に一定の相関関係があると考えられているからだ。Edlen の方程式は、Edlen が行われた屈折率測定実験による経験式(近似式)である。近似式に基づいて計算された二つの屈折率に相関関係がある。その相関の度合いが分からない。そのため、簡単に不確かさの伝搬による補正限界の解析ができない。

不確かさ伝搬法則に基づいた二色法の不確かさ分析は困難である。本研究は二つのアプローチでこの問題を解く。一つははさみうちの原理によって間接的に二色法の補正限界を得るアプローチである。近似式で得られた二つの屈折率に相関なしのパターンを考える。その不確かさの伝搬を計算する。得られた結果の間に二色法の補正限界があると推定している。もう一つのアプローチはコンピュータシミュレーションにおいてすら全ての組み合わせを調べ尽くすことである。全ての組み合わせで得られる補正不確かさの最小値は二色法の補正限界である。

また、本研究は、推定される真空中の長さが持つ不確かさを空気中で計測した長さによる不確かさと屈折率補正パラメータによる不確かさに分け、二色法がよりよい補正不確かさを提供する必要条件を検討した。

2. 成果発表

1. D. Wei, M. Xiao and M. Aketagawa, Journal of the European Optical Society - Rapid publications; Vol 10 (2015).
2. D. Wei, K. Takamasu and H. Matsumoto, Optics and Photonics Journal 6, 8-13 (2016).
3. D. Wei, T. Kiyoshi and M. Hirokazu, presented at the The 13th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments - ISMTII 2017, Xi'an, Shaanxi, China 2017.
4. 章冬, 明田川正人, 高増潔 and 松本弘一, presented at the レーザー学会学術講演会第 37 回年次大会, 徳島大学 常三島キャンパス, 徳島, 2017.
5. 章冬 and 明田川正人, presented at the 光計測シンポジウム 2016 論文集, 機械振興会館, 東京, 2016.
6. 章冬, 松本弘一 and 高増潔, presented at the 日本光学会 Optics and Photonics Japan 2016 講演予稿集, 筑波大学東京キャンパス文京校舎, 東京, 2016.

油圧閉回路のフルクロード制御による高精度力制御の実現

境野 翔

埼玉大学

1. 概要

柔らかい接触を実現する力制御が人間の代替となるロボットに必須である。油圧閉回路方式の油圧システムは高トルクと広制御帯域を両立できる機構として注目を集めている。しかし、その数理モデルすら厳密には解明されていなかった。よって、そのモデルの解明と制御性能向上を目的とした。本研究課題ではこの目的に関わる三つの成果を獲得し、油圧閉回路における力制御性能の向上ができることをあきらかにした。第一に、十分な摩擦補償制御を実装することで、油圧閉回路が二慣性共振系としてモデリング可能であると解明した。すなわち、これまでに広く知られている二慣性共振系の制御系を油圧閉回路に転用可能であることを示した。その結果、共振抑制制御を実装することで、広い制御帯域を実現できることを示した第二の成果を獲得した。第三に、油圧モータの加速度情報と圧力センサの応答を統合することで反力推定オブザーバを構成し、反力推定誤差を7割低減することに成功した。これらの成果を基に力制御系を構成することで力制御誤差を6割程度削減可能であることを示した。今後は高次系での力制御系設計論をあきらかにすることを目標とする。

2. 成果発表

<学術論文誌> (査読あり)

1. Tomoki Sakuma, Kenta Tsuda, Koudai Umeda, **Sho Sakaino**, Toshiaki Tsuji: “Modeling and Resonance Suppression Control for Electro-hydrostatic Actuator as a Two-Mass Resonant System,” *Advanced Robotics*, pp. 1-11, 2017.
2. Kenta Tsuda, Tomoki Sakuma, Koudai Umeda, **Sho Sakaino**, Toshiaki Tsuji: “Resonance-suppression Control for Electro-Hydrostatic Actuator as Two-inertia System,” *IEEE Journal of Industry Applications*, Vol. 6, No. 5, pp. 320-327, 2017.
3. **Sho Sakaino**, Takayuki Furuya, Toshiaki Tsuji: “Bilateral Control between Electric and Hydraulic Actuators Using Linearization of Hydraulic Actuator,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 64, No. 6, pp. 4631-4641, 2017.

<国際会議> (査読あり)

1. **Sho Sakaino**, Toshiaki Tsuji: “Oil Leakage and Friction Compensation for Electro-Hydrostatic Actuator Using Drive-side and Load-side Encoders,” in *Proceedings of the 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 5088-5093, 2016.
2. Kenta Tsuda, **Sho Sakaino**, Toshiaki Tsuji: “Bilateral Control between Electric and Electro-Hydrostatic Actuators Using Feedback Modulator,” in *Proceedings of the 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 506-511, 2016.

<国内会議> (査読なし)

1. 井航太, 佐久間智輝, 梅田滉大, 津田賢汰, **境野翔**, 辻俊明, “電気性油圧アクチュエータのトルク効率と内部漏れ流量のモデリング,” *ROBOMECH2015*, 2P1-E04, 5月10-13日, 2017.
2. 佐久間智輝, 津田賢汰, 梅田滉大, **境野翔**, 辻俊明, “電気静油圧アクチュエータの2慣性共振モデルとその制御,” 第34回日本ロボット学会学術講演会, 3E2-01, 山形, 9月7-9日, 2016
3. 梅田滉大, 佐久間智輝, 津田賢太, **境野翔**, 辻俊明, “油圧アクチュエータにおける高角度な反力推定法,” *ロボティクス・メカトロニクス講演会*, 2A1-04b3, 横浜, 6月8-11日, 2016
4. 津田賢太, 佐久間智輝, 梅田滉大, **境野翔**, 辻俊明, “電気静油圧アクチュエータの動特性同定,” *ロボティクス・メカトロニクス講演会*, 2A1-04b1, 横浜, 6月8-11日, 2016

工作物の機上計測を利用した
5 軸制御工作機械の幾何誤差自己校正による高精度加工の実現

佐 藤 隆 太

神戸大学大学院工学研究科

1. 研究の概要

本研究では、同時 5 軸制御加工された工作物の形状を機上計測することで 5 軸制御工作機械の幾何誤差を同定し、その結果に基づいて幾何誤差を補正することで、高精度な仕上げ加工を行うための方法を提案する。同時 5 軸制御加工を行うと回転軸の幾何誤差による影響が工作物の形状に転写されるため、その形状を、回転軸を使わずに機上計測し、その結果から観測方程式を導いて最小二乗法によって幾何誤差を同定する。その方法について幾何誤差を考慮したシミュレーションを用いて有効性を検証したところ、高精度に幾何誤差を同定できることが確認された。そこで実際に同時 5 軸制御加工と機上計測とを行って実験的に有効性を検証したところ、実験では一部の幾何誤差が適切に同定されないことが明らかとなった。これは、加工形状に対して複数の幾何誤差が同じ影響を及ぼすためであり、幾何誤差以外の形状誤差要因も相まって幾何誤差の同定に影響を及ぼしたためであった。しかしその一方で、同定された幾何誤差を用いて補正を行ったところ、たとえ幾何誤差が正しく同定できていなかったとしても、シミュレーションと実験の両方で加工精度を向上できることが確認された。

2. 成果発表

<投稿論文>

- Ryuta SATO and Keiichi SHIRASE: Geometrical Error Compensation of 5-axis Machining Centers based on On-machine Workpiece Measurement, International Journal of Automation Technology, (2017, 投稿中).

<国際会議>

- Ryuta SATO, Hironori KASHIWAGI and Keiichi SHIRASE: Geometric Error Compensation of Five-axis Machining Centers based on On-machine Workpiece Measurement, Proceedings of the 16th International Conference on Precision Engineering (ICPE2016), (2016), A205-8146.

ハンド搭載飛行ロボットによる高精度空中マニピュレーションの実現

下ノ村和弘

立命館大学

1. 概要

高所において複雑な作業や高い精度が求められる作業を実現するために、マルチロータ型ヘリコプタにロボットハンドを搭載した飛行ロボットを開発した。本研究では、1) 機体上部にロボットハンドを搭載したマルチロータ型飛行ロボットの開発、2) FPGA を用いた組み込みビジョンシステムの開発と位置・姿勢制御への応用、3) 機体固定用ハンドと作業用ハンドを備えた飛行ロボットの開発を行った。これらは、建築物の保守点検作業などの高所作業に応用できる。

2. 成果発表

【学術論文】

Robert Ladig, Suphachart Leewiwatwong, Kazuhiro Shimonomura, "FPGA based fast response image analysis for orientational control in aerial manipulation," Journal of Signal Processing Systems, <https://doi.org/10.1007/s11265-017-1286-y>, pp.1-11, 2017.

【国際会議発表】

Robert Oliver Ladig and Kazuhiro Shimonomura, "High precision marker based localization and movement on the ceiling employing an aerial robot with top mounted omni wheel drive system," 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2016), pp.3081-3086, Daejeon, Korea, 2016.

Syohei Shimahara, Leewiwatwong Suphachart, Robert Ladig and Kazuhiro Shimonomura, "Aerial torsional manipulation employing multirotor flying robot," 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2016), pp.1595-1600, Daejeon, Korea, 2016.

Suphachart Leewiwatwong, Shouhei Shimahara, Robert Ladig, Kazuhiro Shimonomura, "Vision based autonomous orientational control for aerial manipulation via on-board FPGA," 12th IEEE Embedded Vision Workshop (held in conjunction with IEEE CVPR 2016), Las Vegas, NV, USA, 2016.

【国内学会発表】

小野晃嗣, 松田諒太, 島原祥平, Robert Ladig, 下ノ村和弘, "機体上方を作業域とする空中マニピュレーションのための FPV システム," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 横浜, 2016.

他 4 件

液晶の光学異方性を利用した添加剤吸着膜の観察方法の開発

田所 千治

埼玉大学 大学院理工学研究科

1. 概要

本研究では、潤滑油添加剤が形成させる吸着膜を液晶の光学異方性を利用して観察する方法を開発し、添加剤の吸着特性と摩擦特性の関係を調査した。ネマチック液晶 [4-ペンチル-4'-シアノビフェニル (5CB)] を潤滑油の基油として用い、炭素数 16~22 の直鎖脂肪酸を潤滑油の添加剤として用いた。吸着特性の調査では、偏光観察法と 5CB の光学異方性解析により脂肪酸の吸着挙動を観察した。脂肪酸の吸着膜は 5CB の配向を水平から垂直に変化させる効果を示した。垂直配向領域の拡大速度は、脂肪酸の鎖長が短いほど高くなる傾向を示した。摩擦特性の調査では、低速度往復動摩擦試験機を用いて潤滑油の摩擦係数を計測した。摩擦係数は、1 往復目に注目すると脂肪酸の鎖長が短いほど低くなる傾向を示した。これらの結果から、1 往復目の摩擦係数と垂直配向領域の拡大速度は強い相関を示すことがわかった。これは、脂肪酸の鎖長が短いほど表面に垂直に高配向した吸着膜を形成し、その吸着膜が 1 往復目の摩擦係数をより低減させることを示唆している。

2. 成果発表

[論文発表]

- (1) Chiharu Tadokoro, Shoki Araya, Hikaru Okubo, Ken Nakano, Shinya Sasaki: Polarization observations of adsorption behavior of fatty acids using optical anisotropy of liquid crystal, Tribology Letters, Vol.64, p.30, 2016.
- (2) Chiharu Tadokoro, Shoki Araya, Masaya Watanabe, Hikaru Okubo, Ken Nakano, Shinya Sasaki: Synergy of two fatty acids as additives on lubricity of a nematic liquid crystal 5CB, Lubrication Science, (in press).

[学会発表]

- (1) 田所千治・新屋翔貴・大久保光・中野健・佐々木信也：直鎖脂肪酸 2 成分系に発現する組合せ潤滑効果，トライボロジー会議予稿集（日本トライボロジー学会）（新潟 2016-10）。

モード操作光コムを用いたモード分解カラー・デジタル・ホログラフィー顕微鏡の開発

安井 武史、山際 将具、ダヒ・イブラヒーム

徳島大学

1. 概要

デジタル・ホログラフィー顕微鏡は、位相イメージから3次元形状を取得可能であることから、工業製品の非接触表面形状測定手法として期待されている。本研究では、光コムから任意の光周波数モードを抜き出し可能なモード操作光コム光源を構築した。更に、任意の光波長でのデジタル・ホログラフィー計測を行い、その特性を評価した。

2. 成果発表

【国際会議論文】

1. M. Yamagiwa, T. Ogawa, Y. Kawahito, C. Torovato, T. Minamikawa, H. Yamamoto, and T. Yasui, "Phase imaging by multiple-synthesized-wavelength digital holography using optical frequency synthesizer," in *24th General Congress of International Commission for Optics*, P3-45, Aug. 22, 2017(Aug. 21-25, 2017/Tokyo).
2. M. Yamagiwa, T. Ogawa, Y. Kawahito, C. Torovato, T. Minamikawa, H. Yamamoto, and T. Yasui, "Shape measurement by cascade link multi-wavelength digital holography using optical frequency comb referenced synthesizer," in *2017 CLEO Pacific Rim Conference (CLEO-PR2017)*, Oral 3-3F-5, Aug. 3, 2017 (July 31-Aug. 4, 2017/Singapore).
3. M. Yamagiwa, T. Ogawa, Y. Kawahito, C. Torovato, T. Minamikawa, H. Yamamoto, and T. Yasui, "Multiple-synthesized-wavelengths digital holography using optical frequency synthesizer," in *Digital Holography & 3-D Imaging 2017*, Tu1A.5, May 30, 2017 (May 29-June 1, 2017/Jeju Island, Korea).
4. M. Yamagiwa, T. Ogawa, Y. Kawahito, T. Minamikawa, H. Yamamoto, T. Yasui, and C. Torovato, "Digital holography using multiple synthesized wavelengths cascaded by optical frequency synthesizer," in *Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2017*, Technical Digest (online), JTh2A.71, May 18, 2017 (May 14-19, 2017/San Jose, USA).

【国内学会発表】

1. Clement Trovato, Dahi Ghareab Abdelsalam, Takayuki Ogawa, Takeo Minamikawa, Hirotsugu Yamamoto, Emmanuel Abraham, and Takeshi Yasui, "Dual-wavelength digital holography using optical frequency synthesizer," 第77回応用物理学会秋季学術講演会/JSAP-OSA Joint Symposia 予稿集, 14a-C301-4 (2016/9/13-16, 新潟朱鷺メッセ).
2. 小川 貴之, トロヴァト クレモ, 南川 丈夫, 山本 裕紹, 安井 武史, 『光シンセサイザを用いた多波長ディジタルホログラフィ計測』, *Optics & Photonics Japan 2016*, 2aE1 (2016/10/31-11/2, 筑波大学東京キャンパス文京校舎).
3. 山際 将具, 小川 貴之, 川人 勇介, トロヴァト クレモン, 南川 丈夫, 山本 裕紹, 安井 武史, 『光コム参照型シンセサイザを用いたカスケードリンク多波長デジタルホログラフィ』, 第64回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 14p-F205-8 (2017/3/14-17, パシフィコ横浜).
4. 山際 将具, 南川 丈夫, 諸橋 功, 関根 徳彦, 寶迫 巖, 山本 裕紹, 安井 武史, 『モード操作光コムを用いたカスケードリンク型マルチ合成波長デジタル・ホログラフィの高速化』, 第78回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 8a-PB1-2 (2017/9/5-8, 福岡国際会議場).

高速研磨を可能とする金属繊維ラップ工具の開発

張 宇

立命館大学 総合科学技術研究機構

1. 概要

遊離砥粒加工では、砥粒と工作物との相対速度を向上することにより加工能率の改善につながる。鋳鉄ラップ工具はラッピング加工によく利用されているが、工具表面が平坦であるため砥粒の滞留性がよくない。本研究では、ラップ工具による砥粒の保持能力に着目し、高性能金属繊維ラップ工具を考案した。金属繊維を焼結した金属繊維焼結ラップ工具と、金属短繊維とエポキシ樹脂を混合した金属短繊維含有ラップ工具の2種類を開発した。金属繊維ラップ工具は汎用の鋳鉄ラップ工具に比べ、表面凹凸が大きいため砥粒の滞留性が向上し研磨特性が優れ、高速研磨に応用できる。また、砥粒の滞留性が優れる金属繊維ラップ工具は、研磨加工中に工具表面の凹凸が維持することができ研磨特性が安定することが確認された。

2. 成果発表

- 1) Yu Zhang and Yasuhiro Tani, Application to a high-performance lapping plate of stainless steel, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.6, No.5. (2017), pp.343-347.
- 2) 川波多裕司, 桐野宙治, 張宇, 谷泰弘, 金属短繊維含有ラップ工具の開発, 精密工学会誌, Vol. 83, No. 7. (2017), pp.672-678.
- 3) 沈宗賢, 張宇, 谷泰弘, ステンレス鋼の高性能ラップ工具への適用, 2017年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2017), pp.223-224.
- 4) 川波多裕司, 桐野宙治, 張宇, 谷泰弘, メッシュ工具における特異な加工メカニズムの解明, 2017年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2017), pp.225-226.
- 5) 山本剛史, 張宇, 谷泰弘, 川波多裕司, 桐野宙治, 複合ラップ工具での工具面負荷曲線と研磨特性の関連, 2017年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2017), pp.227-228.
- 6) 山本剛史, 張宇, 谷泰弘, 川波多裕司, 大径の金属粉末を用いた高性能ラップ工具の開発, 2017年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(2017), pp.625-626.
- 7) 川波多裕司, 桐野宙治, 張宇, 谷泰弘, 砥粒挙動の観察によるラッピング特性の解明, 2017年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(2017), pp.627-628.
- 8) Yuji Kawahata, Okiharu Kirino, Yu Zhang and Yasuhiro Tani, Development of an alternative lapping tool by the application of compressed short-metal fibers, The 16th International Conference on Precision Engineering (ICPE2016), Paper ID:C307-8094.
- 9) 張宇, 桐野宙治, 川波多裕司, 谷泰弘, 高速研磨の可能性とその応用, 日本機械学会 2016年度年次大会講演論文集(2016), 講演番号: S1310205.
- 10) 中山智弘, 張宇, 谷泰弘, 川波多裕司, 桐野宙治, 金属短繊維含有ラップ工具の砥粒保持性の改善, 2016年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(2016), pp.895-896.

最後になりましたが、本研究を実施するに当たり、公益財団法人 三豊科学技術振興協会からご支援いただいたことに厚く御礼を申し上げます。

変位拡大機構一体型電磁アクチュエータの制御設計に関する研究

難波江 裕之

東京工業大学

1. 概要

本研究では、微小ギャップにおける強力な電磁吸引力を変位拡大機構で利用する変位拡大機構一体型電磁アクチュエータに着目し、その制御系設計に関する検討を行った。制御系を検討する上での課題の一つが振動抑制である。本アクチュエータで用いられる変位拡大機構は、圧電素子に対してもよく用いられるが、圧電素子での使用の際と比較して、その発生力の差からヒンジ部が細くなり剛性が低くなる傾向にある。そのため、特に高速でのステップ動作において、残留振動やオーバーシュートが問題となる場合が多く、それを避けようとする立ち上がりが非常に遅くなる。また、電磁吸引力の特性として、印加電圧及び変位に対して推力が非線形であり、残留振動抑制を難しくする要因の一つとなっている。そこで、PID と Input shaping を統合した制御手法を本アクチュエータの制御に適用することを検討した。理論的検討及び実験的検証を行い、両手法において本アクチュエータの残留振動抑制への有効性を確認した。また、以上とは別にアプリケーションに関して制御駆動系の構築も行った。

2. 成果発表

- [i] Gerald Eaglin, Joshua Vaughan, Hiroyuki Nabae, “Reduction of Residual Vibration in Micro-Electromagnetic Actuators with Non-linear Dynamics Using Input Shaping”, *Proceedings of the 2018 American Control Conference* (Submitted)
- [ii] 難波江 裕之, A. Tugay Karaguzel, 遠藤 玄, 鈴森 康一. “電磁吸引力を用いたアクチュエータにおける変位拡大率と動作時間の関係の実験的検証”, *ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 講演論文集*, May. 2017.
- [iii] Hiroyuki Nabae, “Preliminary Study on Inchworm Mechanism Using Displacement-Amplified Electromagnetic Actuators”, *the 18th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM) 2017*, Sep. 2017.

サブ 10nm 欠陥位置検出のための超解像光相関イメージング顕微鏡の開発

水谷 康弘

大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻

1 概要

ゴーストイメージング (GI: Ghost Imaging) による超微弱イメージング法を開発した。GI とは、アクティブに与えたランダムな空間分布を有する照明光と、照明された被撮影物体からの応答の相関値を算出することによって像を得る手法である。観察領域全体の光を点型光検出器で検出するため、従来の観察法に比べ信号強度を高めることができる。さらに、像を取得するために相関計算を用いるため、相関のないノイズ成分は自動的に除去されることから、微弱光でのイメージングに適している。そこで、本手法の微弱イメージング特性を極限まで追求した。すなわち、光子検出法と組み合わせることで微弱な散乱光を取り込むことのできる顕微鏡を構築した。また、効率的なイメージングを行うために、アダマール行列による固有の空間周波数を有する照明強度分布を適用した。その結果、従来のイメージング法に比べて格段に高感度な顕微鏡を構築した。

2 成果発表

本研究助成を元に発表した報告件数は、国際会議 8 件 (紹介講演 4 件, 受賞 1 件), 国内会議 5 件 (招待講演 1 件) を行いました。なお、主な発表は以下の通りです。この場をお借りして御礼申し上げます。

1. **(invited)** Yasuhiro Mizutani, Hiroki Taguchi, Yasuhiro Takaya, "Single-pixel imaging by Hadamard transform and ghost imaging and its application for hyperspectral imaging," Proc. SPIE, 10021, 8, Beijing, China, 2016.
2. **(invited)** Yasuhiro Mizutani, Yasuhior Takaya, Yukitoshi Otani, "Ghost imaging ellipsometry," International Symposium on Optomechatronic Technology (ISOT) 2016, SS2-4-1-SS2-4-2, Tokyo, Japan, 2016.
3. **(invited)** Yasuhiro Mizutani, "Illuminated pattern analysis of fluorescent Ghost imaging for single-molecule imaging," International Symposium on Optical Memory 2016, Tu-H-02, Kyoto, Japan, 2016.
4. **(invited)** Yasuhiro Mizutani, Hiroki Taguchi, Yasuhiro Takaya, "Ghost imaging for single photon counting," The 7th Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Korea (2017 年 12 月発表予定).

非線形自励発振型マイクロレゾネーターを用いた高粘性環境下で利用可能な超微小質量センサーの開発

藪野 浩司

筑波大学システム情報系

1. 概要

バイオナノテクノロジーなどの分野で、マイクロカンチレバーを使った微小質量計測が試みられている。特に近年ダブルカンチレバーの利用は、計測精度の飛躍的な向上を実現する一つの方法として注目されている。しかしながら、質量計測に直結するモード変化の測定には強制加振による、周波数応答曲線がもちいられており、粘性環境中での測定精度の低下が問題になっていた。これを克服するため、自励振動によるモード測定が著者らのグループで提案されている。さらに自励振動は時間とともに振幅が増大するため、線形のモードを実験から求めるには低振幅定常自励発振を実現しなければならない。そこで本研究では非線形フィードバックを用いた手法を提案し、液中においてマイクロカンチレバーの低振幅定常自励発振を可能にし、液中での微小質量計測を達成する。自励振動には、カンチレバーのたわみ速度を計測し、それをフィードバックすることが必要であるが、レーザー光により液中のカンチレバーのたわみを測定することは、困難を伴う。そこでたわみの情報をフィードバックせずともピエゾアクチュエーターによりカンチレバーを自励振動が可能な方法についても提案し、実験によりその有効性を示した。

2. 成果発表

- [1] Takumi Nakamura, Hiroshi Yabuno, Sohei Matsumoto, Yasuyuki Yamamoto, Mass sensing of microbeads using a weakly coupled cantilever, PhysCon2017 (8th International Conference on Physics and Control) : 2017.7.16-7.21, Florence.
- [2] Yuudai Tanaka, Yousuke Kokubun, Hiroshi Yabuno, Proposition for sensorless self-excitation by piezoelectric device, Journal of Sound and Vibration (印刷中).
- [3] 藪野浩司, モード連成を利用した自励発振型マイクロレゾネーターによる超微小質量計測(解説)、システム制御情報学会、(印刷中) .